



DE 197 10 351 C 1

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 197 10 351 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 03 B 5/04**  
C 03 B 5/225  
C 03 B 5/193  
C 03 B 5/027

②1 Aktenzeichen: 197 10 351.0-45  
②2 Anmeldetag: 13. 3. 97  
④3 Offenlegungstag: -  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 5. 98

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Beteiligungen Sorg GmbH & Co KG, 97816 Lohr, DE

⑦4 Vertreter:  
Zapfe, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 63150  
Heusenstamm

⑦2 Erfinder:  
Pieper, Helmut, Dipl.-Ing., 97816 Lohr, DE; Matthes,  
Joachim, Dipl.-Ing., 97816 Lohr, DE

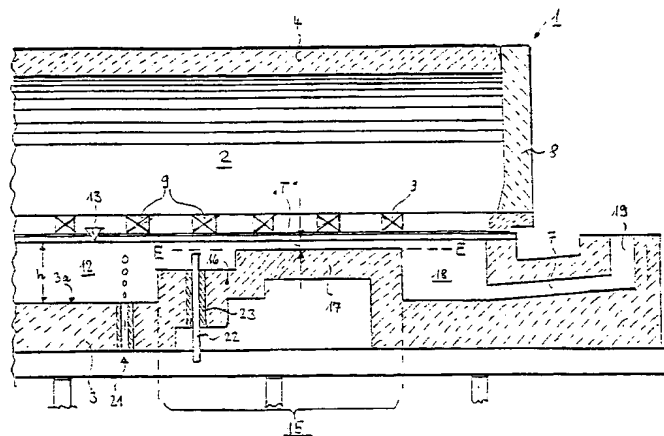
⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	39 03 016 C2
DE-AS	20 34 864
DE-AS	12 10 520
FR	27 37 487 A1
US	33 53 941
US	28 90 547
US	28 00 175
EP	04 10 338 B1
EP	03 71 551 B1
EP	00 86 858 A1

DE-B.: ABC Glas, Dt. Verlag für Grundstoffindus-  
trie, Leipzig, 2.Aufl., 1991, S.36;  
DE-B.: Glaschemie, Springer Verlag, 3.Aufl., 1992,  
S.305-307;  
DE-B.: Glasschmelzöfen, Springer Verlag, 1984,  
S.11,133,154;

⑤4 Verfahren und Glasschmelzöfen zum Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit verdampfbaren  
Komponenten

⑤7 Beim Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit  
verdampfbaren Komponenten, insbesondere von Glä-  
sern aus der Gruppe Borgläser und Borosilikatgläser wird  
ein Ofen (1) verwendet, der einen Oberofen (4), Brenner  
(9) für fossile Brennstoffe und eine Schmelzwanne (3) be-  
sitzt. Vor einem Abstehteil (18) und einem Durchlaß (7) zu  
einem Entnahmeteil (19) ist eine stufenförmig ausgebil-  
dete Bodenerhebung (15) angeordnet, die über die ge-  
samte Breite der Schmelzwanne (3) durchgehend ausge-  
bildet ist. Um hierbei eine Entmischung bzw. Phasentren-  
nung zu unterdrücken, die Ofenbaustoffe zu schonen und  
einen störungsfreien Betrieb zu ermöglichen, wird  
a) im Oberofen (4) durch sauerstoffreiches Oxidationsgas  
eine Temperatur von mindestens 1600°C erzeugt,  
b) als Bodenerhebung (15) eine Läuterbank (17) mit einer  
vorgelagerten Stufe (16) verwendet, die mindestens 150  
mm hoch ist und aus der mindestens eine Reihe von Boo-  
ster-Elektroden (22) nach oben ragt,  
c) die Schmelze (12) vor der Bodenerhebung (15) über  
mindestens eine im Wannenboden (3a) befindliche Bubb-  
ler-Reihe (21) geführt, und  
d) die Schmelze (12) hinter der Stufe (16) in hochoverhitztem  
Zustand auf einer Länge von 800 mm bis 2000 mm über  
die Läuterbank (17) geführt, deren Oberseite einen maxi-  
malen Abstand "T" von 200 mm vom Schmelzespiegel  
(13) aufweist.



See US ~~6085551~~  
6085551

DE 197 10 351 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit verdampfenden Komponenten, insbesondere von Gläsern aus der Gruppe Borgläser und Borosilikatgläser mit den Schritten Schmelzen und Läutern einer Schmelze in einem Ofen mit einem Oberofen mit einem Brennraum ohne innere Trennwände, mit Brennern für fossile Brennstoffe und mit einer Schmelzwanne, die einen Schmelzbereich besitzt und deren Verhältnis von Länge zu Breite mindestens 2,5 beträgt und die einen Wannenboden und vor einem Absteil und einem Durchlaß zu einem Entnahmeteil eine stufenförmig ausgebildete Bodenerhebung besitzt, die über die gesamte Breite der Schmelzwanne durchgehend ausgebildet ist.

Die Durchführung eines solchen Verfahrens stellt erhebliche Anforderungen an Details der Ofenkonstruktion, die durch glaschemische Vorgänge bedingt sind.

So wird beispielsweise in dem Buch "ABC Glas" (Dr.-Ing. H.-J. Illig; © Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH, Leipzig; 1991; 2. Auflage) auf Seite 36 unter dem Stichwort "Borosilikatgläser" ausgeführt, daß solche Gläser, die für technische Zwecke und als Gerätegläser mit hoher Temperaturfestigkeit eingesetzt werden, einerseits niedrige Ausdehnungskoeffizienten besitzen, andererseits aber hohe Schmelztemperaturen bedingen, die an derzeitige Grenzen des Ofenbaus anstoßen. Solche Gläser neigen zum Ausdampfen von Bor- und Alkalimetallloxiden und zur Entmischung bzw. Phasentrennung (Buch: "Glaschemie"; Prof. Dr. W. Vogel; © Springer-Verlag; 1992; 3. Auflage; Seiten 305 bis 307) sowie zum Auskristallisieren, sämtlich Vorgänge, die zu Störungen im Schmelzbetrieb führen.

Aufgrund dieser Eigenschaften lassen sich die Schmelzverfahren kaum einem der bekannten Öfen zuordnen. Am ehesten kommt hier noch das Grundprinzip des sogenannten "Unit Melters" in Frage, der einen langgestreckten Einkammerofen mit quaderförmigem Wannenhohlraum und glatter Decke darstellt, von der sich im Beheizungsgebiet keine Zwischenwände in Richtung auf die Schmelze erstrecken. Das Verhältnis von Länge zu Breite liegt dabei zwischen 5 : 1 und 7 : 1.

Derartige Öfen sind in der DE-AS-2 034 864, der US-PS-2.800.175, der US-PS-2.890.547 und der US-PS-3.353.941 beschrieben. Es hat sich jedoch gezeigt, daß solche "Unit Melter" ohne Modifikationen nicht gut zum Erschmelzen von Borosilikatgläsern geeignet sind.

Das Buch von Trier "Glasschmelzöfen - Konstruktion und Betriebsverhalten" (Prof. Dr. W. Trier; © Springer-Verlag; 1984) beschreibt und zeigt auf Seite 11 eine Borosilikatwanne, die bei Gewölbeinnentemperaturen von 1650°C und mehr betrieben wird und bei der zwischen dem Schmelz- und Läuterteil einerseits und dem Homogenisierungsteil andererseits ein Wall angeordnet ist. Über die Länge des Walls in Strömungsrichtung und über den Abstand der Wall-Oberkante vom Schmelzenspiegel werden jedoch keine Angaben gemacht; auch hier liegt dieser Wall hinter dem Läuterteil, ist also selbst keine Läuterbank und für eine ausreichende Läuterung auch viel zu kurz. Einzelheiten von "Unit Meltern" (Querflammenwannen) sind auch auf den Seiten 133 und 154 beschrieben.

Durch die EP 0 410 338 B1 ist ein ähnliches Schmelzaggregat bekannt, bei dem vor einem Wall eine Stufe mit zwei Reihen von Bodenelektroden angeordnet ist. Der Wall ist jedoch keine Läuterbank. Die Stufe soll eine Maximalhöhe von 100 mm haben, was weniger ist als etwa 15% der üblichen Schmelzbadtiefe von etwa 800 mm. Die Stufe dient auch nur zum Ablauf eventuell vorhandener Metalle, um Kurzschlüsse zwischen den Elektroden zu vermeiden. Ver-

schließbare Bodenöffnungen vor der Stufe dienen zum Ablassen solcher Metalle. Bubbler sind den Elektrodenreihen nicht vorgeschaltet. Durch die Elektroden wird eine "Konvektionswalze" erzeugt, deren Oberflächenströmung sich zum Beschickungsende des Ofens bewegt. Dadurch sollen bei reduzierter Ofentemperatur eine von Gemenge freie Schmelzbadoberfläche erzeugt und das in Richtung Durchlaß strömende Glas längere Zeit im Bereich der Glasbadoberfläche gehalten werden.

Dazu ist zu bemerken, daß eine Erhöhung der Glasbadtemperatur zur besseren Läuterung nur dann effektiv mit Strom gelingt, wenn der Strom in einem Bereich eingebracht wird, wo tunlichst keine oder nur eine geringe Rückströmung vorhanden ist. Eine starke Strömungswalze würde ein starkes Vermischen des Glases mit dem anderen Glase bewirken, welches noch geschmolzen wird, und damit die Temperaturerhöhung speziell zum Läutern sehr infragestellen.

Durch die EP 0 317 551 B1 und die DE 39 03 016 C2 ist es bekannt, über dem Niveau des Wannenbodens in den Läuterteilen sogenannte Läuterbänke anzuordnen und vor der Läuterbank horizontale Elektroden anzuordnen, um die Läutertemperatur zu steigern. Schmelz- und Läuterteile sind jedoch durch von der Ofendecke ausgehende Trennwände getrennt, die in die Schmelze eintauchen und daher großen Temperaturbelastungen ausgesetzt und mit Kühlkanälen versehen sind.

In den Schmelzteilen können dabei auch Bubbler vorgesehen sein, die jedoch wegen der Trennwände keinen Einfluß auf die Vorgänge im Läuterteil haben. Soweit dies den Schmelzenstrom betrifft, sind Schmelz- und Läuterteile durch enge Bodendurchlässe miteinander verbunden, d. h., durch Kanäle, die sich nicht über die gesamte Breite der Schmelzwanne erstrecken und in denen sich keine Rückströmung ausbildet.

Dabei verweist die DE 39 03 016 C2 auch auf die Möglichkeit einer Verarbeitung stark verdampfender Gläser wie Opal-, Blei- und Borgläser, ohne jedoch anzugeben, wie einer Entmischung und Kristallisation entgegengewirkt werden könnte.

Die DE-AS 12 10 520 offenbart zur Erzeugung einer geringen Badtiefe eine Läuterbank, die höher als der Wannenboden liegt, aber an ihrem Anfang eine zusätzliche Schwelle und davor einen aus der Schmelze herausragenden Damm aufweist.

Die Verhältnisse werden mit steigendem Sauerstoffgehalt - bis zur Verwendung technisch reinen Sauerstoffs - im Oxidationsgas zunehmend ungünstiger, weil die Gastemperaturen und die Reaktivität der Gase aufgrund höherer Schadstoffkonzentrationen steigen, obwohl die Gas Mengen abnehmen. Dadurch werden die Feuerfest-Werkstoffe des Ofens und seiner Zusatzaggregate stark gefährdet.

Durch die EP 0 086 858 A1 ist eine als "Deep Refiner" bekannte gewordene Schmelzwanne für Glas bekannt, bei der zwischen einer mit Bodenelektroden versehenen Schmelzzone und einer noch tieferen Läuterzone eine schräg bis zu einem Flachteil ansteigende Bodenerhebung, aber keine Stufe oder dgl. angeordnet ist. Durch die Bodenelektroden und gegebenenfalls zusätzliche Bubbler in der Schmelzzone werden vertikale Umlaufströmungen in Form mehrerer Strömungswalzen erzeugt. Über dem Flachteil sind weitere Seitenwand-Elektroden angeordnet, um an dieser Stelle die höchste Temperatur im Ofen zu erzeugen. Auch in der tiefen Läuterzone können weitere Elektroden angeordnet sein. Das Flachteil dient dabei als zusätzliche Läuterzone. Die Erzeugung von Schmelzen aus hochschmelzenden Gläsern mit ausdampfenden Bor- und Alkalimetallloxiden, insbesondere von Borosilikatgläsern, ist ebensowenig beschrieben wie die

Versorgung der Brenner mit sauerstoffreichen Oxidationsgasen.

Durch die FR 2 737 487 A1 ist es bekannt, in einer überwiegend durch Brenner und Oxidationsgase mit hohem Sauerstoffanteil beheizten Glasschmelzwanne für die Flach- oder Floatglasherstellung zwischen einer stromaufwärts gelegenen Schmelzzone und einer stromabwärts gelegenen Läuterzone, deren Böden in der gleichen waagrechten Ebene liegen und die beide die gleiche Tiefe aufweisen, eine von Seitenwand zu Seitenwand durchgehende Bodenerhebung anzuordnen, die einen als wichtig bezeichneten trapezförmigen Querschnitt, gegebenenfalls mit konkaven Flanken, aufweist. Durch die kombinatorische Wirkung mit beiderseits der Bodenerhebung angeordneten Reihen von Bodenelektroden und einer stromaufwärts der ersten Elektrodenreihe vorgelagerten Bubbler-Reihe werden beiderseits der Bodenerhebung in der Glasschmelze zwei streng voneinander getrennte Strömungswalzen aus relativ kühlem Glas erzeugt, zwischen denen mittels der Bodenelektroden senkrecht über der Bodenerhebung eine heiße Zone erzeugt wird. Dadurch soll eine Rückströmung von Glas aus der Läuterzone in die Schmelzzone verhindert werden. Die Höhe der Bodenerhebung soll dabei maximal die Hälfte, vorzugsweise etwa 1/4 bis 1/3 der Glasbadtiefe betragen. Eine geringere Badtiefe über der Bodenerhebung wird mit dem Hinweis auf starke Korrosion ausdrücklich ausgeschlossen. Die Bodenerhebung ist infolgedessen keine Läuterbank, über der üblicherweise eine laminare Horizontalströmung geringer Badtiefe, jedoch mit größerer Verweilzeit erzeugt wird. Auch ist der Bodenerhebung keine Stufe vorgelagert, in der Elektroden angeordnet sind. Die Produktionsmenge des nicht hochschmelzenden Glases soll zwischen 100 und 1000 Tonnen pro Tag liegen. Der Leistungsbedarf der Bodenelektroden ist mit beispielsweise 1500 kW beträchtlich. Die Trennwirkung der Kombination aus Bodenerhebung und Bodenelektroden ist so beträchtlich, daß die Umstellung der Farben der Glasschmelze in kürzester Zeit möglich ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, durch die hochschmelzende Gläser mit flüchtigen Komponenten, insbesondere solche aus der Gruppe Borglas und Borosilikatglas, mittels sauerstoffreicher Oxidationsgase ohne nennenswerte Entmischung bzw. Phasentrennung und bei größtmöglicher Schonung der Ofenbaustoffe zuverlässig mit hoher Qualität und störungsfrei erschmolzen werden können.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt hinsichtlich des Verfahrens erfindungsgemäß dadurch, daß

- a) im Ofen durch die Versorgung des Brennraums mit einem Oxidationsgas, das mindestens 50 Volumenprozent Sauerstoff enthält, eine Temperatur von mindestens 1600°C erzeugt wird,
- b) als Bodenerhebung eine Läuterbank mit einer vorgelagerten Stufe verwendet wird, die mindestens 150 mm hoch ist und deren Höhe "H1" zwischen dem 0,3fachen und dem 0,7fachen der Höhe "H2" der Läuterbank beträgt, wobei von der Stufe mindestens eine quer zur Strömungsrichtung der Schmelze verlaufende Reihe von Booster-Elektroden nach oben ragt,
- c) die Schmelze vor der Stufe über mindestens eine im Wannenboden befindliche Bubbler-Reihe geführt wird, und daß
- d) die Schmelze hinter der Stufe mit den Booster-Elektroden in hoherhitztem Zustand auf einer Länge von 800 mm bis 2000 mm über die Läuterbank geführt wird, deren im wesentlichen waagrechte Oberseite einen maximalen Abstand "T" von 200 mm vom

Schmelzenspiegel aufweist.

Vorzugsweise wird beim Schritt a) eine Temperatur von mindestens 1650°C erzeugt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die gestellte Aufgabe in vollem Umfang gelöst. Bei einer Auslegung der Schmelzleistung des Ofens für beispielhaft 40 t/Tag und bei einer Schmelzbadoberfläche von 12200 mm × 3800 mm können bei Verwendung von technisch reinem Sauerstoff als Oxidationsgas ohne weiteres Ofenraumtemperaturen von 1680 bis 1700°C erreicht werden. Dadurch wird der Bildung von Cristobalit, die durch die Verdampfung von beispielsweise B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> erfolgen kann, durch Aufschmelzen der Kristalle wirksam entgegengewirkt.

Sowohl durch die Bubbler-Reihe als auch durch die Stufe mit den Booster-Elektroden wird der Schmelzbereich strömungstechnisch von der Läuterbank getrennt, ohne daß es irgendwelcher in die Schmelze eintauchender Trennwände, Dämme, Wälle oder dergleichen bedarf. Bei den durchgeführten Versuchen waren innerhalb des Wandabstandes der Schmelzwanne von 3800 mm sechs Bubbler und sechs Booster-Elektroden in jeweils einer Reihe angeordnet.

Die Läuterung der Glasschmelze erfolgt in einem Dünnschichtbereich über der Läuterbank. Hier erreicht die Schmelze die zur intensiven Läuterung erforderliche hohe Temperatur und folglich die günstigste Viskosität.

Durch die relativ hohe Strömungsgeschwindigkeit, die bei der angegebenen Auslegung im Mittel 1 m/h beträgt, kann auf der Läuterbank keine merkliche B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Verdampfung stattfinden, so daß die für die betreffenden Gläser typische Schlieren- und Windenbildung praktisch verhindert wird. Hinter der Läuterbank gelangt die klare Schmelze in einen Abstehraum, von dem aus die Verteilung in die Vorherde erfolgen kann. Der Gehalt an Stickoxiden in den Abgasen liegt weit unterhalb des gesetzlichen Grenzwertes.

Es ist dabei besonders vorteilhaft, wenn – entweder einzeln oder in Kombination – folgende Bedingungen eingehalten werden:

- Es wird eine Stufe verwendet, deren Höhe "H1" zwischen dem 0,4fachen und dem 0,6fachen der Höhe "H2" der Läuterbank beträgt;
- Die Schmelze wird mit einer mittleren Verweilzeit von 0,5 bis 2,0 Stunden über die Läuterbank geführt;
- Die Schmelze wird mit einer mittleren Verweilzeit von 1,0 bis 1,5 Stunden über die Läuterbank geführt;
- Die Schmelze wird im Schmelzbereich über ein Feld von Bodenelektroden geführt. In Versuchen hat sich ein Optimum bei 12 Bodenelektroden in drei Reihen herausgestellt, bei denen die Distanz der Reihen in Richtung Bubbler zunimmt, um dort, wo mehr Energie zum Schmelzen gebraucht wird, auch mehr Energie zur Verfügung zu haben. Außerdem können die einzelnen Elektrodengruppen auch senkrecht zur Wannenachse getrennt beaufschlagt werden, um eine Asymmetrie in Querrichtung der Wanne ansteuern zu können.

Die Erfindung soll gerade die Ausbildung einer Strömungswalze durch die Booster-Elektroden verhindern und deren Energie der Läuterbank zuführen. Es ist darauf zu achten, daß die Distanz der Bubbler zur Vorderkante der Stufe entsprechend der Badtiefe und der Höhe der Läuterbank sowie der Steilheit der Viskositätskurve bzw. dem Temperaturgradienten zwischen Oberfläche und Bodenglas ausgeführt ist. Im Normalfall wird diese Distanz etwa gleich der Badtiefe gewählt.

Die Bubbler bewirken eine Strömungswalze, wobei sie Glas von unten anziehen und an die Oberfläche des Glasba-

des transportieren. Dabei wird kälteres Glas schneller wieder absinken als das heißere Glas. Es kommt innerhalb der Strömungswalze, insbesondere in Strömungsrichtung des Glases, zu einer Separation des heißen und des kalten Glases. Die Kante der Stufe wirkt dabei wie ein Strömungsteiler, so daß das kältere Glas nach unten absinkt, wieder in die Wurzel der Bubbler gelangt und natürlich infolge des Mischeffektes zum Teil wieder in die Strömungsrichtung vor den Bublern geführt wird.

Das heißere Glas, welches oberhalb der Strömungskante auf die halbhohle Stufe strömt, hat somit eine höhere Temperatur. Dazu kommt, daß infolge der Tatsache, daß der Strömungsquerschnitt hier schon wesentlich kleiner als im normalen Glasbad ist, die Rückströmung aus diesem Teil schon sehr stark reduziert wird.

Durch die Anordnung einer Elektrodenreihe auf dieser Stufe, die zweckmäßig darin besteht, daß man sechs Elektroden in eine Reihe setzt und die Phasen "R-S-T/R-S-T" benennt, bekommt man eine relativ gleichmäßige Aufheizung des Glases auf dieser Stufe, verbunden mit einer Aufwärtsströmung, die dafür sorgt, daß das Glas zu einem Teil dort schon an die Oberfläche transportiert wird, ohne daß es zu einer nennenswerten Rückströmung in die Schmelzwanne kommt.

Dadurch gelingt es, die Temperatur des Glases, das auf die eigentliche Läuterbank strömt, mit Hilfe der Booster-Elektroden auf einen gewünschten Wert zu bringen. Das ist insbesondere bei Borosilikatglas sehr wichtig, weil dort wesentlich höhere Läutertemperaturen als bei Kalk-Natron-Glas benötigt werden. Auf der anderen Seite aber, wenn die Temperatur dadurch erreicht werden muß, daß von oben sehr viel Energie in das Glasbad eingegeben wird, sind die Verdampfungsraten wesentlich höher, als wenn das erfindungsgemäß über Elektroden geschieht.

Die Energiemenge, die benötigt wird, um eine Glasmenge auf eine bestimmte Temperatur zu erhöhen, ist infolge der niedrigen Wärmekapazität des Glases von 1,26 kJ/kg°C Glas in diesem Temperaturbereich relativ niedrig. Die Oberflächen der Elektroden müssen infolgedessen nicht sehr groß sein, weil die gesamte Energiemenge, die dort hineingegeben wird, wie gesagt keine sehr hohen Werte annimmt.

Wichtig ist allerdings, daß eine gleichmäßige Verteilung der Elektroden über den Querschnitt gegeben ist, um überall eine Aufströmung zu erzielen. Das ist mit Bodenelektroden, die in einer Reihe stehen, wesentlich besser als mit Seitenelektroden zu erreichen. Es hat sich gezeigt, daß die Rückströmung durch die Tatsache, daß die Elektroden eine Aufwärtsbewegung über der Stufe bewirken, noch einmal abgebremst wird, so daß nur unwesentliche Glasmenngen zurück in den Bubbler-Bereich transportiert werden.

Die Erfindung betrifft auch einen Glasschmelzofen zum Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit verdampfbaren Komponenten, insbesondere von Gläsern aus der Gruppe Borgläser und Borosilikatgläser, mit einer Ofenlängsachse (A-A), einem Oberofen mit einem Brennraum ohne innere Trennwände, mit Brennern für fossile Brennstoffe und mit einer Schmelzwanne, die einen Schmelzbereich besitzt und deren Verhältnis von Länge zu Breite mindestens 2,5 beträgt und die einen Wannenboden und vor einem Abstehteil und einem Durchlaß zu einem Entnahmeteil eine stufenförmig ausgebildete Bodenerhebung besitzt, die über die gesamte Breite der Schmelzwanne durchgehend ausgebildet ist.

Zur Lösung der gleichen Aufgabe ist ein solcher Glasschmelzofen erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß

- a) die Bodenerhebung eine Läuterbank mit einer vorgelagerten Stufe ist, die mindestens 150 mm hoch ist

und deren Höhe "H1" zwischen dem 0,3fachen und dem 0,7fachen der Höhe "H2" der Läuterbank beträgt, wobei von der Oberseite der Stufe mindestens eine quer zur Ofenlängsachse (A-A) verlaufende Reihe von Booster-Elektroden nach oben ragt,

b) vor der Stufe mindestens eine im Wannenboden befindliche Bubbler-Reihe angeordnet ist und

c) die Läuterbank entlang der Ofenlängsachse (A-A) eine Länge "L2" zwischen 800 mm und 2000 mm und in der Höhe einen Abstand "T" von maximal 200 mm vom konstruktiv vorgesehenen Schmelzenspiegel aufweist.

Es ist dabei im Zuge weiterer Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes wiederum besonders vorteilhaft, wenn – entweder einzeln oder in Kombination – folgende Konstruktionsvorschriften erfüllt sind:

– Der Abstand "T" der waagrechten Oberseite der Läuterbank vom konstruktiv vorgesehenen Schmelzenspiegel beträgt zwischen 100 mm und 150 mm, und die Länge "L2" der Läuterbank in Richtung der Ofenlängsachse (A-A) beträgt zwischen 1000 mm und 1500 mm;

– Das Verhältnis von Länge "L1" der Stufe zur Länge "L2" der Läuterbank – jeweils in Richtung der Ofenlängsachse (A-A) gesehen – beträgt zwischen 0,4 und 0,6;

– Bei Anordnung einer Reihe von Booster-Elektroden liegen deren Achsen auf einer geraden Linie, die sich im Abstand "L3" von  $(0,4 \text{ bis } 0,6) \times L1$  von der Vorderkante der Stufe befindet;

– Die Booster-Elektroden bestehen aus mit Drehstrom versorgbaren Dreiergruppen, die elektrisch in der Reihenfolge "R-S-T" geschaltet sind;

– Die Bubbler weisen untereinander einen Abstand "d" von 300 mm bis 600 mm und die Bubbler-Reihe einen Abstand "L4" von  $(0,3 \text{ bis } 0,6) \times L1$  von der Vorderkante der Stufe auf;

– Der Glasschmelzofen ist als Querflammenofen ausgebildet;

– Im Schmelzbereich ist ein Feld von Bodenelektroden angeordnet.

Der Abstand bzw. die Dichte der Bubbler und Booster-Elektroden untereinander pro Längeneinheit (quer zur Strömungsrichtung der Schmelze) und der Abstand der Bubbler-Reihe(n) von der Stufe bzw. Läuterbank (in Strömungsrichtung der Schmelze) kann durch Versuche bestimmt werden.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes wird nachfolgend anhand der Fig. 1 und 5 näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen vertikalen Längsschnitt durch den vollständigen Ofen entlang der Ofenlängsachse (A-A) in Fig. 2,

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Schmelzwanne von Fig. 1 bei abgenommenem Oberofen,

Fig. 3 den rechten Teil von Fig. 1 in vergrößertem Maßstab,

Fig. 4 eine perspektivische Teildarstellung des Gegenstandes nach Fig. 3, und

Fig. 5 einen Ausschnitt aus Fig. 3 in wiederum vergrößertem Maßstab.

In den Fig. 1 und 2 ist ein Ofen 1 dargestellt, der eine Schmelzwanne 3 und einen Oberofen 4 mit einem Brennraum 2 besitzt. Dieser ist auf der Beschickungsseite mit einer Einlegemaschine 5 durch eine erste Stirnwand 6 und auf der Entnahmesseite mit einem Durchlaß 7 durch eine zweite Stirnwand 8 abgeschlossen. In den Seitenwänden befinden sich Reihenanordnungen von Brennern 9, von denen einige

in den Fig. 3, 4 und 5 schematisch dargestellt sind. Die Brennergase entweichen durch eine Öffnung 10 in einer der Seitenwände 11, werden also im Gegenstrom zu einer Glasschmelze 12 mit einem Schmelzenspiegel 13 und dem darauf schwimmenden Beschickungsgut geführt. Wie dargestellt, ist der Oberofen 4 nach Art eines "Unit Melters" unterhalb seiner Gewölbedecke glatt, besitzt also keine inneren Trennwände.

Die Schmelzwanne 3 hat anfangs einen ebenen Boden 3a und einen quadratischen Umriß und weist von links nach rechts folgende Bereiche bzw. Teilabschnitte auf: An einen Schmelzteil 14 schließt sich eine Bodenerhebung 15 an, die aus einer Stufe 16 und einer Läuterbank 17 besteht, die sich beide über die volle Breite der Schmelzwanne 3 erstrecken (Fig. 2). Jenseits der Bodenerhebung 15 folgt ein Abstehteil 18, von dem der Durchlaß 7 zu einem Entnahmeteil 19 führt, der mit hier nicht gezeigten Speisern verbunden ist, an deren Ende sich Entnahmestellen befinden (Pfeil in Fig. 2, rechts).

Die Oberseiten 16a und 17a von Stufe 16 und Läuterbank 17 werden durch waagrechte ebene Flächen gebildet, von denen die Ebene "E-E" in den Fig. 3, 4 und 5 besonders hervorgehoben ist. Die Stufe 16 und die Läuterbank 17 besitzen geradlinige Vorderkanten 16b bzw. 17b (Fig. 3).

Im Schmelzbereich 14 befinden sich drei Reihen von je vier Bodenelektroden 20, wobei diese Reihen senkrecht zur Ofenlängsachse (A-A) verlaufen und die Abstände in Strömungsrichtung (von links nach rechts) zunehmen. Die Umrißlinien der äußeren Elektroden bilden ein "Feld". Vor der Stufe 16 befindet sich im Boden 3a eine Reihe von sechs Bubbler 21, und aus der Oberseite 16a der Stufe 16 ragen sechs Booster-Elektroden 22 nach oben, die in der Reihenfolge "R-S-T/R-S-T" gepolt sind (Fig. 2).

Aus den Fig. 3 und 4 geht folgendes deutlicher hervor: Die Booster-Elektroden 22 ragen aus jeweils einem gekühlten Halter 23 senkrecht nach oben bis knapp unter die Ebene "E-E"; sie können aber auch über diese Ebene überstehen und sogar bis zum Schmelzenspiegel 13 reichen. Die Schmelzbadtiefe "h" beträgt z. B. 800 mm; der Abstand "T" zwischen der Ebene "E-E" und dem Schmelzenspiegel z. B. 125 mm, d. h., die Läuterbank 17 hat eine Höhe "H2" von 675 mm. Die Stufe 16 davor hat eine Höhe "H1" von beispielhaft 400 mm (Fig. 5).

Die Fig. 4 und 5 zeigen noch ergänzend folgendes: Die äquidistant verteilten Bubbler 21 liegen auf einer geraden Linie 21a (strichpunktirt) und haben untereinander einen Abstand von 300 mm bis 600 mm, und die Linie 21a hat von der Vorderkante 16b der Stufe 16 einen Abstand "L4" von etwa  $0,5 \times "L1"$ . Die gleichfalls äquidistant verteilten Booster-Elektroden 22 liegen auf einer geraden Linie 22a (strichpunktirt) und haben ähnliche Abstände voneinander. Die Linie 22a liegt in der Mitte der Stufe 16 und hat einen Abstand "L3" von etwa  $0,5 \times "L1"$  von der Vorderkante 16b der Stufe 16, allerdings in der entgegengesetzten Richtung.

Die Reihe der Bubbler 21 erzeugt u. a. eine starke Strömungswalze in Richtung auf das Eingabeende des Ofens 1 und verhindert dadurch das Eindringen von ungeschmolzenem Beschickungsgut in den Bereich der Stufe 16. Die Strömungsbeeinflussung durch die Bubbler 21 über der Stufe 16 ist jedoch wesentlich geringer. An dieser Stelle sind die Booster-Elektroden 22 durch eigene, thermisch bedingte Strömungswalzen wirksam, die wegen der relativ geringen Strömungsbeeinflussung durch die Bubbler 21 die über der Stufe 16 befindliche Glasschmelze stark erhitzen, so daß diese auf die Läuterbank 17 übertritt und dort wirksam geläutert wird, ohne daß hierfür eine übermäßige Beheizung durch fossile Brennstoffe nötig würde.

Diese Abschirmwirkung ist um so stärker, je höher die Stufe über dem Wannenboden 3a (Maß "H1") im Verhältnis

zur Höhe der Läuterbank über dem Wannenboden 3a (Maß "H2") ist. Die Höhe "H1" der Stufe findet ihre Grenze beim 0,7fachen der Höhe "H2" nur darin, daß über der Stufe noch eine (geringe) Glasmenge vorhanden sein muß, in der die Booster-Elektroden ihre Wirkung entfalten können. Die Gasanschlüsse für die Bubbler 21 und die Stromanschlüsse für die Booster-Elektroden sind der Einfachheit halber fortgelassen worden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Glasschmelzofen
- 2 Brennraum
- 3 Schmelzwanne
- 3 a Wannenboden
- 4 Oberofen
- 5 Einlegemaschine
- 6 erste Stirnwand
- 7 Durchlaß
- 8 zweite Stirnwand
- 9 Brenner
- 10 Öffnung
- 11 Seitenwände
- 12 Glasschmelze
- 13 Schmelzenspiegel
- 14 Schmelzteil
- 15 Bodenerhebung
- 16 Stufe
- 16 a Oberseite
- 16 b Vorderkante
- 17 Läuterbank
- 17 a Oberseite
- 17 b Vorderkante
- 18 Abstehteil
- 19 Entnahmeteil
- 20 Bodenelektrode
- 21 Bubbler
- 21 a Linie
- 22 Booster-Elektroden
- 22 a Linie
- 23 Halter

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit verdampfbaren Komponenten, insbesondere von Gläsern aus der Gruppe Borgläser und Borosilikatgläser mit den Schritten Schmelzen und Läutern einer Schmelze (12) in einem Ofen (1) mit einem Oberofen (4) mit einem Brennraum (2) ohne innere Trennwände, mit Brennern (9) für fossile Brennstoffe und mit einer Schmelzwanne (3), die einen Schmelzbereich (14) besitzt und deren Verhältnis von Länge zu Breite mindestens 2,5 beträgt und die einen Wannenboden (3a) und vor einem Abstehteil (18) und einem Durchlaß (7) zu einem Entnahmeteil (19) eine stufenförmig ausgebildete Bodenerhebung (15) besitzt, die über die gesamte Breite der Schmelzwanne (3) durchgehend ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß

- a) im Oberofen (4) durch die Versorgung des Brennraums (2) mit einem Oxidationsgas, das mindestens 50 Volumenprozent Sauerstoff enthält, eine Temperatur von mindestens 1600°C erzeugt wird,
- b) als Bodenerhebung (15) eine Läuterbank (17) mit einer vorgelagerten Stufe (16) verwendet wird, die mindestens 150 mm hoch ist und deren Höhe "H1" zwischen dem 0,3fachen und dem

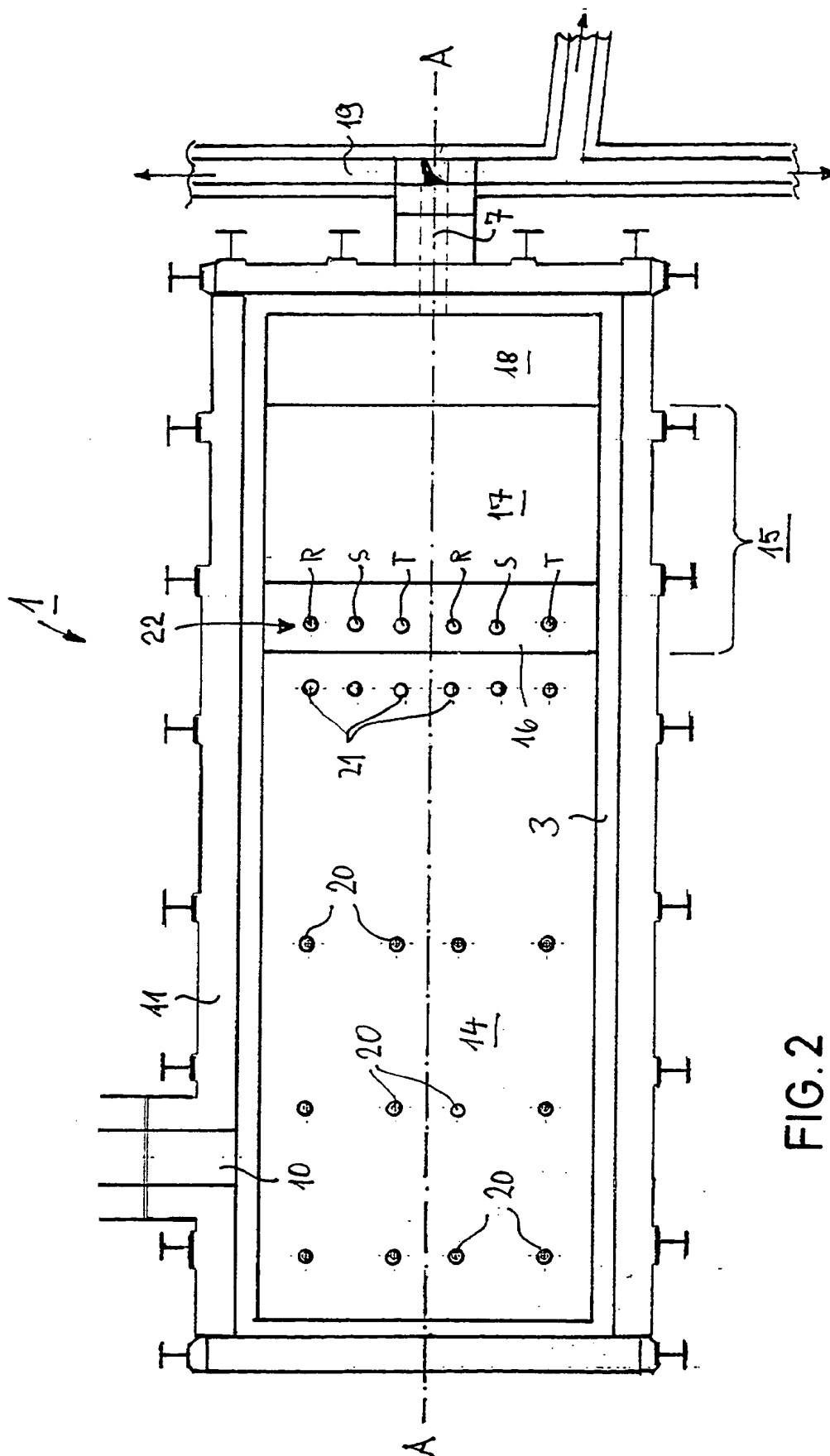
- 0,7fachen der Höhe "H2" der Läuterbank (17) beträgt, wobei von der Stufe (16) mindestens eine quer zur Strömungsrichtung der Schmelze (12) verlaufende Reihe von Booster-Elektroden (22) nach oben ragt.
- c) die Schmelze (12) vor der Stufe (16) über mindestens eine im Wannenboden (3a) befindliche Reihe von Bublern (21) geführt wird, und daß
- d) die Schmelze (12) hinter der Stufe (16) mit den Booster-Elektroden (22) in hochohitztem Zustand auf einer Länge von 800 mm bis 2000 mm über die Läuterbank (17) geführt wird, deren im wesentlichen waagrechte Oberseite (17a) einen maximalen Abstand "T" von 200 mm vom Schmelzenspiegel (13) aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Stufe (16) verwendet wird, deren Höhe "H1" über dem Wannenboden (3a) zwischen dem 0,4fachen und dem 0,6fachen der Höhe "H2" der Läuterbank (17) über dem Wannenboden (3a) beträgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze (12) mit einer mittleren Verweilzeit von 0,5 bis 2,0 Stunden über die Läuterbank (17) geführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze (12) mit einer mittleren Verweilzeit von 1,0 bis 1,5 Stunden über die Läuterbank (17) geführt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze (12) im Schmelzbereich (14) über ein Feld von Bodenelektroden (20) geführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ofenabgase entgegen der Horizontalkomponente der Schmelzenströmung über das Beschickungsgut geführt werden.
7. Glasschmelzofen zum Herstellen von hochschmelzenden Gläsern mit verdampfbaren Komponenten, insbesondere von Gläsern aus der Gruppe Borgläser und Borosilikatgläser, mit einer Ofenlängsachse (A-A), einem Oberofen (4) mit einem Brennraum (2) ohne innere Trennwände, mit Brennern (9) für fossile Brennstoffe und mit einer Schmelzwanne (3), die einen Schmelzbereich (14) besitzt, und deren Verhältnis von Länge zu Breite mindestens 2,5 beträgt und die einen Wannenboden (3a) und vor einem Abstehteil (18) und einem Durchlaß (7) zu einem Entnahmeteil (19) eine stufenförmig ausgebildete Bodenerhebung (15) besitzt, die über die gesamte Breite der Schmelzwanne (3) durchgehend ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß
- a) die Bodenerhebung (15) eine Läuterbank (17) mit einer vorgelagerten Stufe (16) ist, die mindestens 150 mm hoch ist und deren Höhe "H1" über dem Wannenboden (3a) zwischen dem 0,3fachen und dem 0,7fachen der Höhe "H2" der Läuterbank (17) über dem Wannenboden (3a) beträgt, wobei von der Oberseite (16a) der Stufe (16) mindestens eine quer zur Ofenlängsachse (A-A) verlaufende Reihe von Booster-Elektroden (22) nach oben ragt,
- b) vor der Stufe (16) mindestens eine im Wannenboden (3a) befindliche Reihe von Bublern (21) angeordnet ist, und daß
- c) die Läuterbank (17) entlang der Ofenlängsachse (A-A) eine Länge "L2" zwischen 800 mm und 2000 mm und in der Höhe einen Abstand "T" von maximal 200 mm vom konstruktiv vorgesehenen Schmelzenspiegel (13) aufweist.
8. Glasschmelzofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand "T" der waagrechten Oberseite (17a) der Läuterbank (17) vom konstruktiv vorgesehenen Schmelzenspiegel (13) zwischen 100 mm und 150 mm beträgt und daß die Länge "L2" der Läuterbank (17) in Richtung der Ofenlängsachse (A-A) zwischen 1000 und 1500 mm beträgt.
9. Glasschmelzofen nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Länge "L1" der Stufe (16) zur Länge "L2" der Läuterbank (17) – jeweils in Richtung der Ofenlängsachse (A-A) gesehen – zwischen 0,4 und 0,6 beträgt.
10. Glasschmelzofen nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Anordnung einer Reihe von Booster-Elektroden (22) deren Achsen auf einer geraden Linie (22a) liegen, diese Linie (22a) sich im Abstand "L3" von  $(0,4 \text{ bis } 0,6) \times L1$  von der Vorderkante (16b) der Stufe (16) befindet.
11. Glasschmelzofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Booster-Elektroden (22) aus mit Drehstrom versorgbaren Dreiergruppen bestehen, die elektrisch in der Reihenfolge "R-S-T" geschaltet sind.
12. Glasschmelzofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bublerr (21) untereinander einen Abstand "d" von 300 mm bis 600 mm und die Reihe von Bublern (21) einen Abstand "L4" von  $(0,3 \text{ bis } 0,6) \times L1$  von der Vorderkante (16b) der Stufe (16) aufweisen.
13. Glasschmelzofen nach Anspruch 7, gekennzeichnet durch seine Ausbildung als Querflammenofen.
14. Glasschmelzofen nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß im Schmelzbereich (14) ein Feld von Bodenelektroden (20) angeordnet ist.
15. Glasschmelzofen nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des Beschickungsendes des Ofens (1) mindestens eine Abgasöffnung (10) für die Abgase des Brennraumes (2) angeordnet ist.

---

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

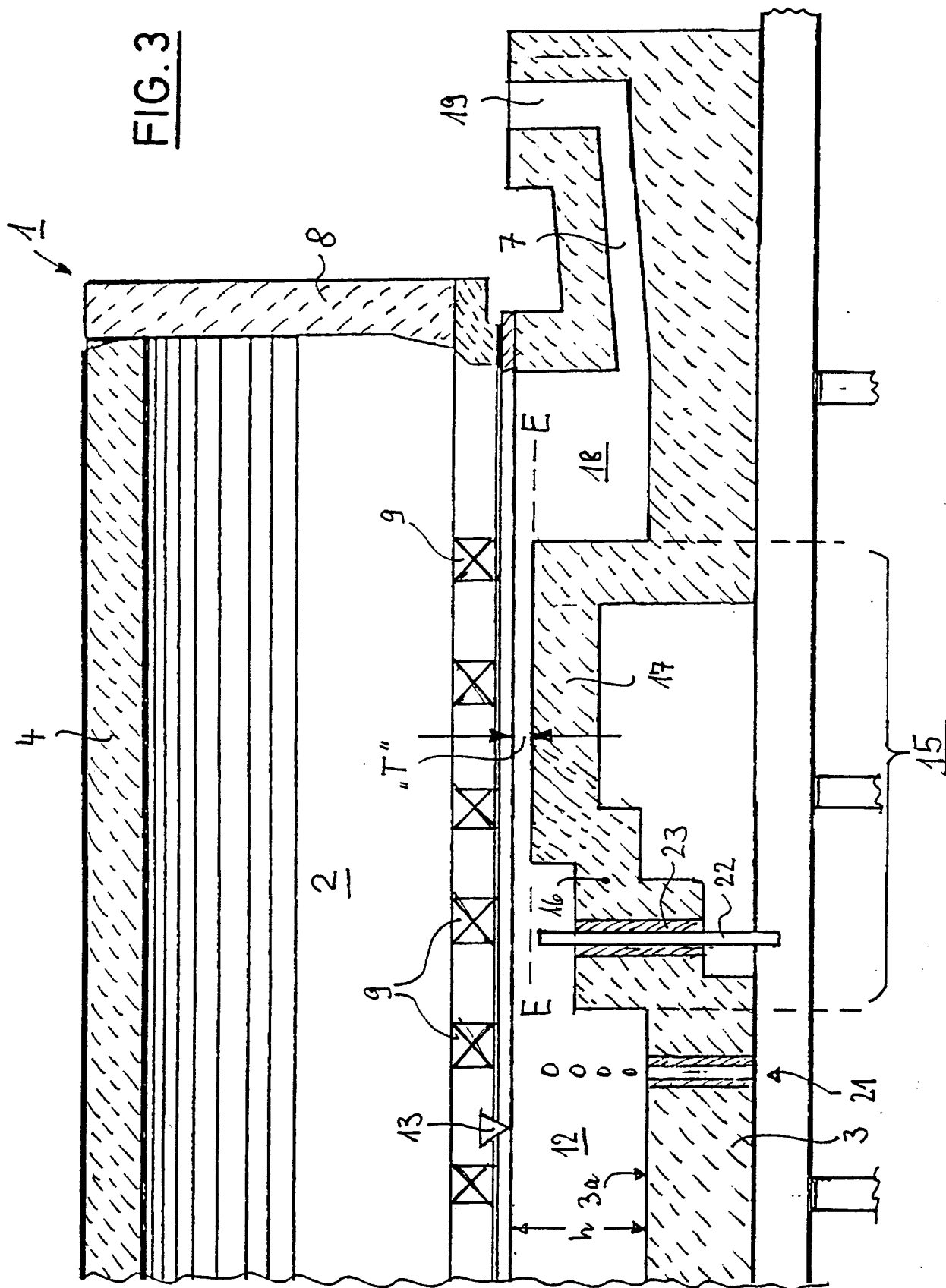
---

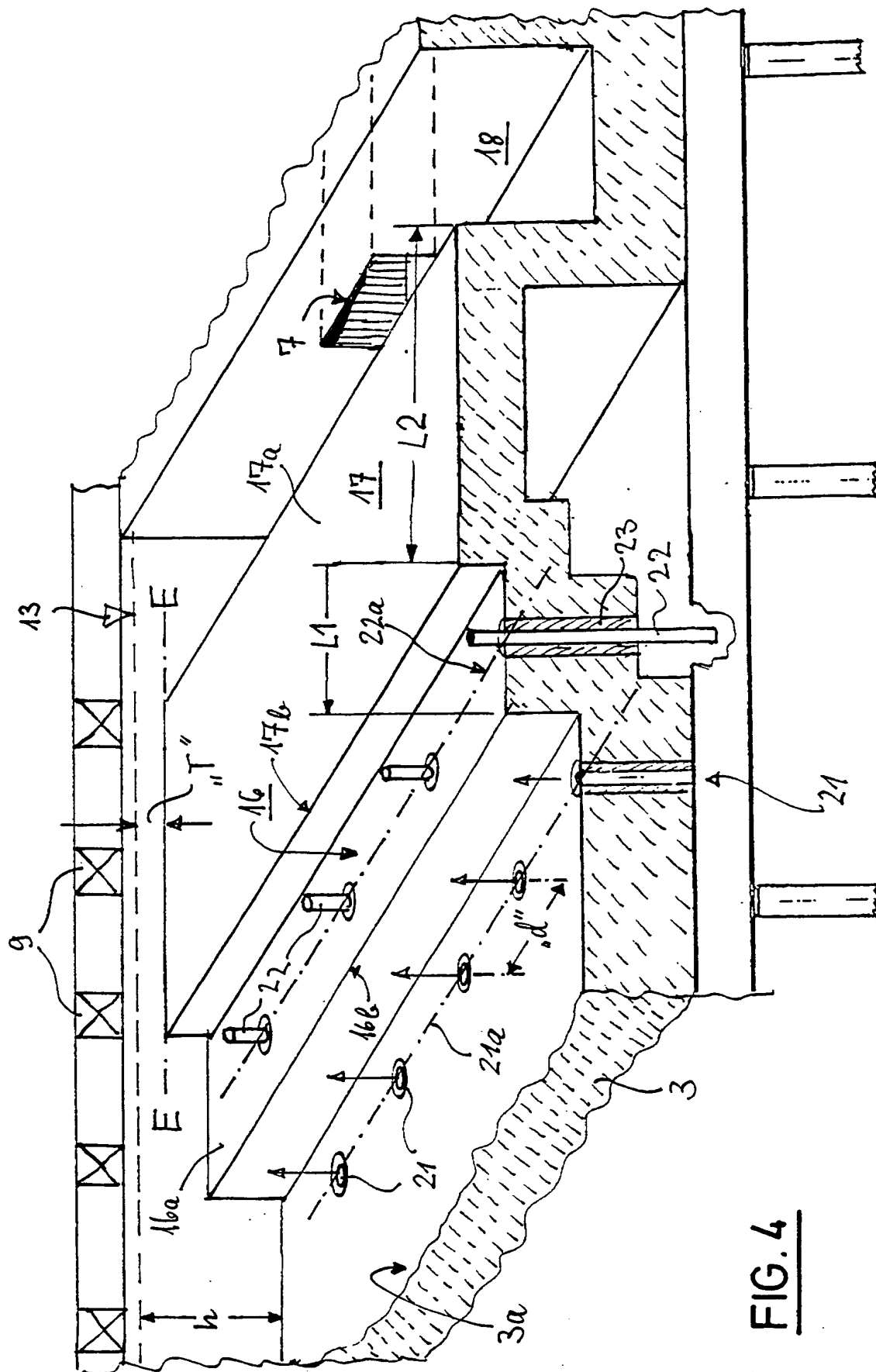
- Leerseite -



**FIG. 2**







**FIG. 4**

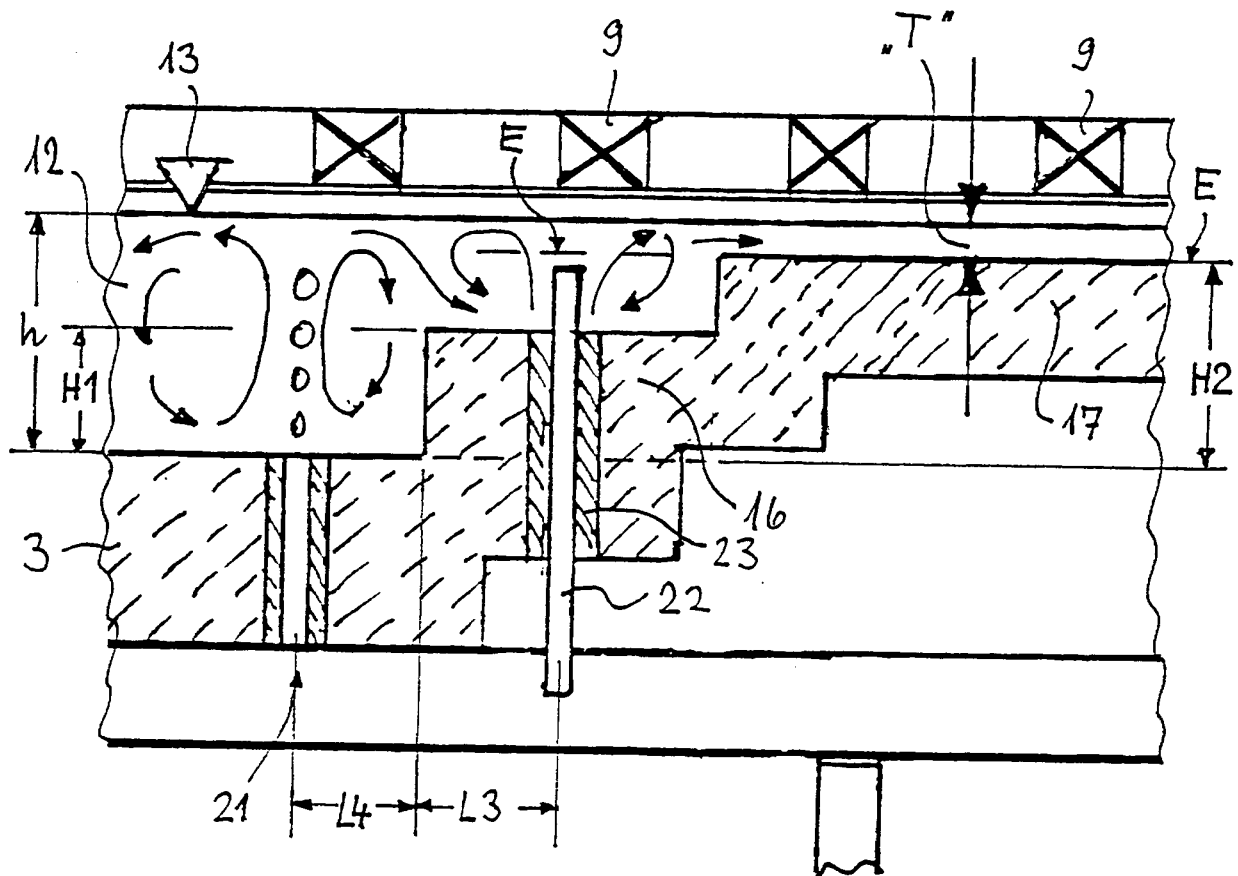


FIG. 5

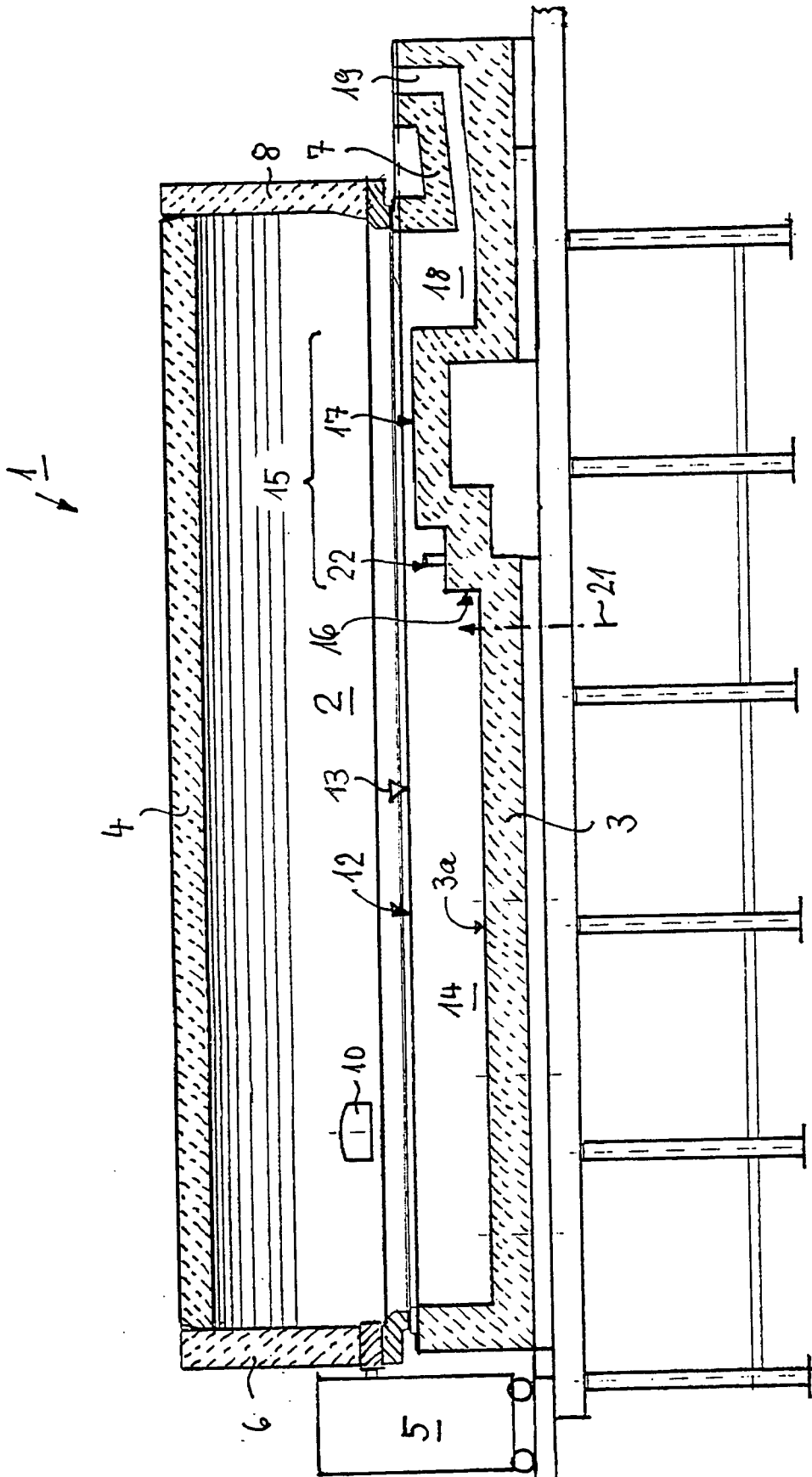


FIG. 1